

气象灾害综合风险普查技术规范
第8部分：雷电

Specification for meteorological disaster comprehensive risk investigation
technology—Part 8: Lightning

地方标准信息服务平台

2023 - 10 - 07 发布

2023 - 11 - 07 实施

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 DB34/T 4637《气象灾害综合风险普查技术规范》的第8部分。DB34/T 4637 已经发布了以下部分：

- 第1部分：暴雨；
- 第2部分：干旱；
- 第3部分：台风；
- 第4部分：高温；
- 第5部分：低温；
- 第6部分：冰雹；
- 第7部分：大风；
- 第8部分：雷电。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽省气象局提出并归口。

本文件起草单位：安徽省气象灾害防御技术中心、安徽省风云防雷安全检测有限责任公司、安徽省气候中心、安徽华云气象灾害风险评估中心、安徽华信瑞云信息技术有限公司、安徽师范大学、南京信息工程大学、马鞍山市气象局、六安市气象局。

本文件主要起草人：朱浩、田红、程向阳、李春影、杨春明、孙自胜、代先进、陶寅、鞠晓雨、张嘉仪、张钢、孙鹏、姚蕊、伍晓玲、王超、王琼。

地方标准信息服务平台

引 言

气象灾害综合风险普查是掌握风险隐患底数、客观识别主要灾害风险水平的重要手段，为各地区制定科学实用的气象灾害防治区划、最大程度减轻气象灾害风险、推动经济社会高质量发展提供技术支持。

DB34/T 4637 旨在规范县级以上行政区域的气象灾害风险普查工作，拟由九个部分构成。

- 第1部分：暴雨。目的在于规定暴雨灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第2部分：干旱。目的在于规定干旱灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第3部分：台风。目的在于规定台风灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第4部分：高温。目的在于规定高温灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第5部分：低温。目的在于规定低温灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第6部分：冰雹。目的在于规定冰雹灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第7部分：大风。目的在于规定大风灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第8部分：雷电。目的在于规定雷电灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
- 第9部分：雪灾。目的在于规定雪灾风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。

气象灾害综合风险普查技术规范 第8部分：雷电

1 范围

本文件规定了雷电灾害风险普查的资料收集、数据处理、致灾危险性评估和灾害风险评估。
本文件适用于雷电灾害的风险普查。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

QX/T 191-2013 雷电灾情统计规范

QX/T 405-2017 雷电灾害风险区划技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

雷击 lightning stroke

对地闪击中的一次放电。

[来源：GB 50057—2010, 2.0.2]

3.2

雷电灾害 lightning disaster

因雷电对生命体、建（构）筑物、电气和电子系统等造成的损害。

[来源：QX/T 103—2017, 3.2]

3.3

雷电灾害风险 risk of lightning disaster

雷电灾害发生的可能性及其可能损失。

[来源：QX/T 405—2017, 3.1]

3.4

承灾体 hazard-affected body

承受灾害的对象。

[来源：QX/T 405—2017, 3.3]

3.5

暴露度 exposure

承受雷电灾害影响的承灾体的数量和价值量。

[来源：QX/T 405—2017, 3.4]

3.6

脆弱性 frangibility

受到不利影响的倾向或趋势。

[来源: QX/T 405—2017, 3.5]

3.7

风险普查 risk investigation

收集气象灾害相关信息,经数据处理后,对致灾危险性和灾害风险进行评估。

3.8

雷击点密度 ground strike-point density

N_{SG}

单位面积、单位时间的平均雷击点个数。

注:单位为个每平方千米年[个/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)]。

[来源: GB/T 37047—2022, 3.1.2]

3.9

地闪强度 lightning density

按百分位数法将地闪放电的雷电流幅值分级后加权平均得到的强度。

注:单位为千安培(kA)。

[来源: QX/T 405—2017, 3.12]

3.10

雷电灾害防御重点单位 key unit of lightning disaster prevention

防雷安全重点单位

由于单位所处的地理位置、地形、地质、地貌、雷电活动规律和单位的重要性、工作特性,易遭受雷电灾害的影响并可能造成较大人员伤亡、文物和财产损失、社会影响或发生较严重安全事故的单位。

[来源: QX/T 623—2021, 3.3]

3.11

评估单元 assessment unit

评估对象的区域范围,可为县(市、区)、乡镇(街道)。

4 资料收集

4.1 气象观测资料

雷电定位资料(见表A.1)年限不少于10年,雷暴日数资料(见表A.2)年限不少于30年。

4.2 基础地理信息数据

包括评估单元内行政边界矢量数据、分辨率不低于30弧秒的数字高程模型和土壤电导率数据。

4.1 承灾体数据

评估单元内最新的承灾体数据应包括:

- 国土面积,
- 国内生产总值(GDP),
- 人口数,
- 油库、气库、弹药库、化学品仓库、烟花爆竹、石化等易燃易爆场所数量,
- 旅游景区数量,
- 矿区数量。

4.2 灾情数据

4.2.1 评估单元内的灾情数据应为 QX/T 191—2013 附录 A 规定的“特大雷电灾害”、“重大雷电灾害”和“较大雷电灾害”，资料年限不少于 20 年。

4.2.2 评估单元内雷电灾害统计信息应包括：

- a) 雷电灾害频数，
- b) 雷击造成的人员伤亡数，
- c) 雷击造成的直接经济损失，
- d) 雷击造成的建（构）筑物受损数量，
- e) 雷击造成的办公电子电器受损数量，
- f) 雷击造成的家用电子电器受损数量，
- g) 雷电灾害在电力、石化、通信、教育等行业的频数分布。

评估单元内雷电灾害统计见表B.1。

4.3 综合减灾资源数据

4.3.1 政府防雷减灾资源

应包括：

- a) 旅游景区、户外大型运动等空旷场所用于防雷减灾救灾的避雷场所，
- b) 雷电监测预警系统，
- c) 雷电预警信息的发布途径、覆盖面，
- d) 公众雷电灾害防御科普知识宣传。

政府防雷减灾资源信息统计见表B.2。

4.3.2 社会力量和企事业单位防雷减灾资源

应包括：

- a) 雷电灾害防御重点单位基本信息，
- b) 雷电灾害防御重点单位灾害处置应急预案，
- c) 雷电灾害防御重点单位应急救援能力，
- d) 雷电灾害防御重点单位雷电灾害防御管理制度和管理人员，
- e) 雷电灾害防御重点单位防雷措施。

社会力量和企事业单位防雷减灾资源信息收集见表B.3。

4.3.3 基层防雷减灾资源

应包括：

- a) 乡镇（街道）和社区应急预案、应急处置方案建设情况，
- b) 乡镇（街道）预警信息获知能力、信息报送能力，
- c) 乡镇（街道）防灾减灾救灾、应急救援技能知识宣传普及情况。

基层防雷减灾资源信息收集见表B.4。

5 致灾危险性评估

5.1 数据处理

- 5.1.1 雷击点密度和地闪强度的调查和数据处理应符合 QX/T 405—2017 中 5.2.2 的规定。
- 5.1.2 海拔高度、地形起伏和土壤电导率的调查和数据处理应符合 QX/T 405—2017 中 5.2.5 的规定。

5.2 致灾危险性指数

应按式（1）进行计算：

$$RH = (L_d \times w_{ld} + L_n \times w_{ln}) \times (S_c \times w_{sc} + E_h \times w_{eh} + T_r \times w_{tr}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- R_H ——雷电致灾危险性指数；
- L_d ——归一化的雷击点密度年平均值，归一化处理方法见附录C；
- w_{ld} ——雷击点密度权重系数；
- L_n ——归一化的地闪强度年平均值，归一化处理方法见附录C；
- w_{ln} ——地闪强度权重系数；
- S_c ——归一化处理的土壤电导率值，归一化处理方法见附录C；
- w_{sc} ——土壤电导率权重系数；
- E_h ——归一化处理的海拔高度值，归一化处理方法见附录C；
- w_{eh} ——海拔高度权重系数；
- T_r ——归一化处理的地形起伏值，归一化处理方法见附录C；
- w_{tr} ——地形起伏权重系数。
- 权重系数确定方法见附录D， $w_{ld} + w_{ln} + w_{sc} + w_{eh} + w_{tr} = 1$ 。

5.3 致灾危险性区划

用自然断点法（见附录E）对致灾危险性指数进行分类，将致灾危险性划分为高危险、较高危险、较低危险和低危险等 4 个等级，可根据致灾危险性等级制作区划图。

6 雷电灾害风险评估

6.1 承灾体暴露度和脆弱性评估

6.1.1 指标

承灾体暴露度评估和脆弱性评估指标见表1。

表1 承灾体暴露度和脆弱性指数

承灾体	暴露度	脆弱性
人口	人口密度 (d_p)	生命损失指数 (G)
GDP	GDP密度 (d_g)	经济损失指数 (M)
易燃易爆场所	易燃易爆场所密度 (d_f)	防护能力指数 (P_c)
旅游景区	旅游景区密度 (d_t)	
矿区	矿区密度 (d_m)	

6.1.2 计算

6.1.2.1 人口密度按公式（2）计算：

$$d_p = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 d_p —— 人口密度，单位为人/ km^2 ；
 P —— 人口数，单位为人；
 S —— 评估单元国土面积，单位为 km^2 。

6.1.2.2 GDP 密度按公式（3）计算：

$$d_g = \frac{G}{S} \dots\dots\dots (3)$$

式中：
 d_g —— GDP密度，单位为万元/ km^2 ；
 G —— 国内生产总值（GDP），单位为万元；
 S —— 评估单元国土面积，单位为 km^2 。

6.1.2.3 旅游景区密度按公式（4）计算：

$$d_t = \frac{T}{S} \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 d_t —— 旅游景区密度，单位为个/ km^2 ；
 T —— 旅游景区数量，单位为个；
 S —— 评估单元国土面积，单位为 km^2 。

6.1.2.4 易燃易爆场所密度按公式（5）计算：

$$d_f = \frac{F}{S} \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 d_f —— 易燃易爆场所密度，单位为个/ km^2 ；
 F —— 易燃易爆场所数量，单位为个；
 S —— 评估单元国土面积，单位为 km^2 。

6.1.2.5 矿区密度按公式（6）计算：

$$d_m = \frac{M}{S} \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 d_m —— 矿区密度，单位为个/ km^2 ；
 M —— 矿区数量，单位为个；
 S —— 评估单元国土面积，单位为 km^2 。

6.1.2.6 生命损失指数按公式（7）计算：

$$Cl = 0.5 \times F + 0.5 \times C \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 C_l —— 生命损失指数；
 F —— 经归一化处理（见附录C）得到的年平均雷电灾害次数，单位为次/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）；
 C —— 经归一化处理（见附录C）得到的年平均雷击人员伤亡数，单位为人/（ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）。

6.1.2.7 经济损失指数按公式（8）计算：

$$M_1 = 0.5 \times F + 0.5 \times M \dots\dots\dots (8)$$

式中:

M_1 ——经济损失指数;

F ——经归一化处理(见附录C)得到的年平均雷电灾害次数,单位为次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$);

M ——经归一化处理(见附录C)得到的年平均雷击直接经济损失,单位为万元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)。

6.1.2.8 防护能力指数按公式(9)计算:

$$P_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (J_{zi} \times w_{zi}) \dots\dots\dots (9)$$

式中:

P_c ——防护能力指数;

J_{zi} ——经归一化处理(见附录C)得到的各类减灾资源密度;

w_{zi} ——各类减灾资源权重,采用层次分析法(见附录D)确定权重;

n ——因子的个数。

6.2 风险指数

6.2.1 风险指数分为以人口为承灾体的风险指数(R_p)、以GDP为承灾体的风险指数(R_g)、以易燃易爆场所为承灾体的风险指数(R_F)、以旅游景区为承灾体的风险指数(R_T)、以矿区为承灾体的风险指数(R_M)。

6.2.2 风险指数计算前应对 R_H 、 d_p 、 d_g 、 d_t 、 d_f 、 d_m 、 C_l 、 M_1 、 P_c 进行归一化处理,得到 R_H' 、 d_p' 、 d_g' 、 d_t' 、 d_f' 、 d_m' 、 C_l' 、 M_1' 、 P_c' 。归一化处理方法见附录C。

6.2.3 R_p 按照公式(10)计算:

$$R_p = (R_H'^{w_{rh}}) \times (d_p'^{w_{dp}}) \times (C_l'^{w_{cl}}) \dots\dots\dots (10)$$

式中:

R_p ——承灾体为人口的风险指数;

R_H' ——归一化的致灾危险性指数;

w_{rh} ——致灾危险性权重系数;

d_p' ——归一化的评估单元人口密度;

w_{dp} ——人口密度权重系数;

C_l' ——归一化的评估单元生命损失指数;

w_{cl} ——生命损失指数权重系数。

权重系数确定方法见附录D, $w_{rh} + w_{dp} + w_{cl} = 1$ 。

6.2.4 R_g 按照公式(11)计算:

$$R_g = (R_H'^{w_{rh}}) \times (d_g'^{w_{dg}}) \times (M_1'^{w_{ml}}) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

R_g ——承灾体为GDP的风险指数;

R_H' ——归一化的致灾危险性指数;

w_{rh} ——致灾危险性权重系数;

d_g' ——归一化的评估单元GDP密度;

w_{dg} ——GDP密度权重系数；

M_I ——归一化的评估单元经济损失指数；

w_{ml} ——经济损失指数权重系数。

权重系数确定方法见附录D, $w_{rh} + w_{dg} + w_{ml} = 1$ 。

6.2.5 R_F 按照公式(12)计算：

$$R_F = (R_H'^{w_{rh}}) \times (d_f'^{w_{df}}) \times (P_c'^{w_{pc}}) \dots\dots\dots (12)$$

式中：

R_F ——承灾体为易燃易爆场所的风险指数；

R_H' ——归一化的致灾危险性指数；

w_{rh} ——致灾危险性权重系数；

d_f' ——归一化的评估单元易燃易爆场所密度；

w_{df} ——易燃易爆场所密度权重系数；

P_c' ——归一化的评估单元防护能力指数；

w_{pc} ——防护能力权重系数。

权重系数确定方法见附录D, $w_{rh} + w_{df} + w_{pc} = 1$ 。

6.2.6 R_T 按照公式(13)计算：

$$R_T = (R_H'^{w_{rh}}) \times (d_t'^{w_{dt}}) \times (P_c'^{w_{pc}}) \dots\dots\dots (13)$$

式中：

R_T ——承灾体为旅游景区的风险指数；

R_H' ——归一化的致灾危险性指数；

w_{rh} ——致灾危险性权重系数；

d_t' ——归一化的评估单元旅游景区密度；

w_{dt} ——旅游景区密度权重系数；

P_c' ——归一化的评估单元防护能力指数；

w_{pc} ——防护能力权重系数。

权重系数确定方法见附录D, $w_{rh} + w_{dt} + w_{pc} = 1$ 。

6.2.7 R_M 按照公式(14)计算：

$$R_M = (R_H'^{w_{rh}}) \times (d_m'^{w_{dm}}) \times (P_c'^{w_{pc}}) \dots\dots\dots (14)$$

式中：

R_M ——承灾体为矿区的风险指数；

R_H' ——归一化的致灾危险性指数；

w_{rh} ——致灾危险性权重系数；

d_m' ——归一化的评估单元矿区密度；

w_{dm} ——矿区密度权重系数；

P_c' ——归一化的评估单元防护能力指数；

w_{pc} ——防护能力权重系数。

权重系数确定方法见附录D, $w_{rh} + w_{dm} + w_{pc} = 1$ 。

6.3 风险区划

采用自然断点法（见附录E）对灾害指数进行分类，将风险等级划分为高风险、较高风险、中等风险、较低风险和低风险等 5 个等级，可依据风险等级制作风险区划图。

地方标准信息服务平台

附 录 A
(资料性)
雷电观测资料信息统计

A.1 雷电定位数据普查信息统计

雷电定位数据普查信息统计见表A.1。

表A.1 雷电定位数据普查信息统计表

区域名称											
资料年限											
雷电定位系统名称						雷电定位系统类型					
雷电定位资料回击信息											
年	月	日	发生时间 (北京时)	经度	纬度	电流强度 (kA)	陡度 (kA/ μ s)	市	区 (县)	定位 方式	备注
注：雷电定位系统类型填写“二维”或“三维”。											

填表人： 复核人： 填表日期： 年 月 日

A.2 雷暴日数据普查信息统计

雷暴日数据普查信息统计见表A.2。

表A.2 雷暴日数据普查信息统计表

区域名称					
资料年限					
雷暴日数据信息					
台站编号	台站名称	年份	月份	雷暴日数	备注

填表人： 复核人： 填表日期： 年 月 日

附 录 B
(资料性)

历史灾情和综合减灾资源普查信息统计

B.1 历史灾情普查信息

历史灾情信息统计见表B.1。

表B.1 历史灾情信息统计

评估单元：											年份：							
月 份	雷 电 灾 害										主要行业的雷电灾害							
	雷 灾 总 数 / 起	人 身 伤 亡			建 筑 物 受 损 / 起	办 公 电 子 电 器 设 备 受 损 / 起		家 用 电 子 电 器 设 备 受 损 / 件		直 接 经 济 损 失 / 万 元	间 接 经 济 损 失 / 万 元	电 力 行 业 / 起	石 化 行 业 / 起	通 信 行 业 / 起	交 通 行 业 / 起	金 融 行 业 / 起	教 育 行 业 / 起	
		/起	伤 / 人	亡 / 人		/起	/起	/件	/起									/件
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
注1：雷电灾害的次数：对单位而言以一个法人单位受灾为一起，对社区或农村居民而言以一户受灾计为一起，对雷电灾害伤亡事故而言以发生在同一地点的伤亡事件计为一起。 注2：人身伤亡中的“伤”是受伤人员，“亡”指死亡人员。 注3：电子电器设备受损中的“起”是指造成电子电器设备受损的雷灾次数，“件”指因雷击造成电子电器设备受损的件数。																		

填表人： 复核人： 填表日期： 年 月 日

附 录 C
(资料性)
归一化处理方法

归一化是将有量纲的数值经过变换，化为无量纲的数值，进而消除各指标的量纲差异。
计算公式 (C.1) 为：

$$D_i = 5 + 5 \times \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

D_i ——第*i*个评价指标的归一化值；

X_i ——第*i*个评价指标值；

X_{min} ——评价指标中的最小值；

X_{max} ——评价指标中的最大值。

地方标准信息服务平台

附录 D
(资料性)
层次分析法

层次分析法简称 AHP，将决策问题按总目标、各层子目标、评价准则直至具体的备投方案的顺序分解为不同的层次结构，然后用求解判断矩阵特征向量的办法，求得每一层次的各元素对上一层次某元素的优先权重，最后再加权和的方法递阶归并各备择方案对总目标的最终权重，此最终权重最大者即为最优方案。

计算步骤如下：

- 1) 建立层次结构模型；
- 2) 构造判断(成对比较)矩阵；
- 3) 层次单排序及其一致性检验；
- 4) 层次总排序及其一致性检验。

地方标准信息服务平台

附 录 E (资料性) 自然断点法

E.1 分类子集总偏差平方和计算

针对分类结果中的某一子集的数组按公式 (E.1) 计算总偏差平方和 (S_{DAM})。

$$S_{\text{DAM}} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \dots\dots\dots (\text{E. 1})$$

式中:

S_{DAM} ——总偏差平方和;

$\bar{x}$ ——数组序列中所有元素的均值, 按公式 (E.2) 计算;

n ——数组中元素个数;

x_i ——第*i*个元素的值。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (\text{E. 2})$$

式中:

$\bar{x}$ ——数组序列中所有元素的均值;

n ——数组中元素个数;

x_i ——第*i*个元素的值。

E.2 分类范围确定

将数据中所有 M 个元素分为 K 个子集, 其中 K 个子集共有 C 种分类结果, 其中一种分类结果为 $[X_1 X_2 \dots X_i]$, $[X_{i+1} X_{i+2} \dots X_j]$, $\dots$, $[X_{j+1} X_{j+2} \dots X_m]$ 。按公式 (E.1) 计算每种分类结果中每个子集的总偏差平方和 $S_{\text{DAM}_1}^1, S_{\text{DAM}_2}^1, \dots, S_{\text{DAM}_K}^1, \dots, S_{\text{DAM}_K}^C$, 并按公式 (E.3) 求和每种分类结果的总偏差平方和 (S_{DCM}^p)。

$$S_{\text{DCM}}^p = \sum_{i=1}^K S_{\text{DAM}_i}^p \dots\dots\dots (\text{E. 3})$$

式中:

S_{DCM}^p ——第*p*个分类结果的总偏差平方和;

K ——子集数量;

$S_{\text{DAM}_i}^p$ ——第*p*个分类结果第*i*个子集的总偏差平方和。

选择 $S_{\text{DCM}}^1, S_{\text{DCM}}^2, \dots, S_{\text{DCM}}^C$ 中最小的一个值 ($S_{\text{DCM}, \min}$) 作为最优范围, $S_{\text{DCM}, \min}$ 所对应的分类范围即为最佳分类。

参 考 文 献

- [1] GB/T 37047—2022 基于雷电定位系统（LLS）的地闪密度 总则
 - [2] GB/T 39195—2020 城市内涝风险普查技术规范
 - [3] GB 50057—2010 建筑物防雷设计规范
 - [4] MZ/T 027—2011 自然灾害风险管理基本术语
 - [5] QX/T 85—2018 雷电灾害调查技术规范
 - [6] QX/T 103—2017 雷电灾害调查技术规范
 - [7] QX/T 623—2021 雷电灾害防御重点单位界定规范
-

地方标准信息服务平台